

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-235777  
 (43)Date of publication of application : 23.08.1994

(51)Int.Cl.

G04C 3/14  
 B06B 1/16  
 G04B 25/04  
 G04G 1/00  
 H02P 8/00

(21)Application number : 05-082519

(71)Applicant : CITIZEN WATCH CO LTD

(22)Date of filing : 18.03.1993

(72)Inventor : MIYAUCHI NORIO  
 MURAKAMI TOMOMI  
 NITTA TATSUO

(30)Priority

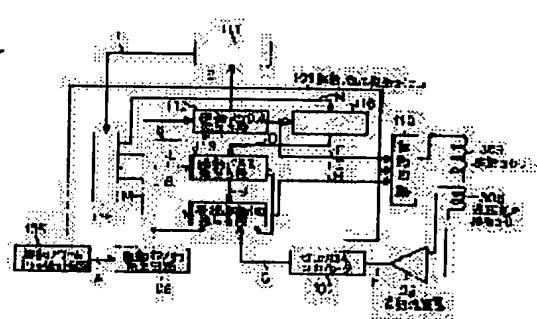
Priority number : 04 91479 Priority date : 18.03.1992 Priority country : JP  
 04354452 16.12.1992 JP

## (54) ELECTRONIC APPLIANCE PROVIDED WITH OSCILLATION ALARM

### (57)Abstract:

PURPOSE: To provide a step motor for oscillation alarm being employed in an electronic appliance.

CONSTITUTION: In an electronic appliance provided with an oscillation alarm where the oscillation of a step motor, generated by driving a step motor having a rotor equipped with an eccentric weight, is transmitted through the case body to an arm, the step motor has two pole flat stator and the driving pulse for the step motor comprises a starting pulse, constituted of a phase matching pulse C and a starting pulse E, and a driving pulse H following thereto. The step motor is driven at high speed by the driving pulse H synchronized with the zero-cross time of counter electromotive force induced in a counter electromotive force detection coil 306.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 01.12.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3258125

[Date of registration] 07.12.2001  
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-235777

(43)公開日 平成6年(1994)8月23日

(51) Int.Cl.<sup>5</sup> 識別記号 廣内整理番号 F I 標記表示箇所

G 0 4 C	3/14	W	
B 0 6 B	1/16		7627-5H
G 0 4 B	25/04		9205-2F
G 0 4 G	1/00	3 1 2	9109-2F
H 0 2 P	8/00	3 0 5 Z	9063-5H

審査請求 未請求 請求項の数19 FD (全 19 頁)

(21)出願番号 特願平5-82519  
(22)出願日 平成5年(1993)3月18日

(31)優先権主張番号 特願平4-91479  
(32)優先日 平4(1992)3月18日  
(33)優先権主張国 日本(JP)

(31)優先権主張番号 特願平4-354452  
(32)優先日 平4(1992)12月16日  
(33)優先権主張国 日本(JP)

(71)出願人 000001960  
シチズン時計株式会社  
東京都新宿区西新宿 2 丁目 1 番 1 号

(72)発明者 宮内 則雄  
東京都田無市本町 6 丁目 1 番 12 号 シチズン時計株式会社田無製造所内

(72)発明者 村上 知巳  
東京都田無市本町 6 丁目 1 番 12 号 シチズン時計株式会社田無製造所内

(72)発明者 新田 達夫  
東京都田無市本町 6 丁目 1 番 12 号 シチズン時計株式会社田無製造所内

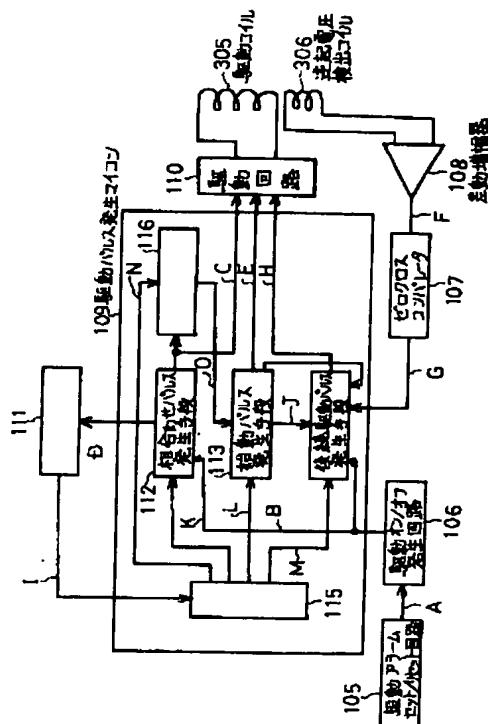
(54)【発明の名称】 振動アラーム付電子機器

(57) 【要約】

【目的】 振動アラーム付電子機器の振動アラーム用ステップモータを提供することにある

【構成】 ロータ303に偏心重り302を設けたステップモータ301を駆動することによって発生するステップモータの振動をケース本体を介して腕に伝える振動アラーム付電子機器において、前記ステップモータは、2極偏平型ステータを持つステップモータであり、該ステップモータの駆動パルスは、相合わせパルスCと始動パルスEから成る起動パルスと後続駆動パルスHから成り、逆起電圧検出コイル306に発生する逆起電圧のゼロクロスする時刻と同期した後続駆動パルスHによりステップモータ301を高速回転させることを特徴とする。

【効果】 低消費電力で耐久性があり、安定に起動、高速回転するステップモータを搭載した、信頼性のある小型振動アラーム付電子機器を提供できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 アラーム時刻になるとモータを駆動して偏心重りを回転させ、ケース体を介して偏心重りの振動を腕に伝える振動アラーム付電子機器において、2極の扁平ステータと2極の永久磁石を有するロータと前記扁平ステータと磁気的に結合した駆動コイルとから構成されたステップモータと、アラーム信号に基づいて前記ステップモータを駆動するためのパルス信号を出力する駆動パルス発生手段と、該駆動パルス発生手段からのパルス信号に基づき、前記駆動コイルに駆動電流を供給するための駆動回路と、前記駆動コイルに生じた起電力を前記ロータに伝える前記扁平ステータと、前記ロータの回転によって生じる逆起電圧を検出する逆起電圧検出コイルと、前記逆起電圧検出コイルに生じる逆起電圧に基づいて前記扁平ステータに対する回転中のロータの磁極位置を検出する磁極位置検出手段とを備えており、前記駆動パルス発生手段は、前記磁極位置検出手段からの検出信号に基づいて前記パルス信号の出力タイミングを制御することを特徴とする振動アラーム付電子機器。

【請求項 2】 磁極位置検出手段は、逆起電圧検出コイルに発生する逆起電圧がゼロレベルに達したことを検出して検出信号を出力するゼロクロスコンパレータを有することを特徴とする請求項 1 記載の振動アラーム付電子機器。

【請求項 3】 駆動パルス発生手段からのパルス信号は、停止状態のロータを回転起動させるための起動パルスと、起動後のロータを継続して駆動するための後続駆動パルスとを有することを特徴とする請求項 1 記載の振動アラーム付電子機器。

【請求項 4】 停止状態のロータを回転起動させるための起動パルスは、扁平ステータに生じる磁極に対向する前記ロータの磁極を同一極性に合わせるための相合わせパルスと、該相合わせパルスの後に output し、ロータの磁極に対向する扁平ステータに該ロータ磁石の磁極と同一極性の磁極を発生させるための始動パルスとから構成されていることを特徴とする請求項 3 記載の振動アラーム付電子機器。

【請求項 5】 始動パルスは後続駆動パルスよりも広いパルス幅を有することを特徴とする請求項 4 記載の振動アラーム付電子機器。

【請求項 6】 始動パルスは後続駆動パルスよりも広いパルス幅を有する複数のパルス列であることを特徴とする請求項 5 記載の振動アラーム付電子機器。

【請求項 7】 複数のパルス列は後続駆動パルスよりも広いパルス幅を有する第 1 の始動パルスと、後続駆動パルスよりも広いパルス幅を有し、且つ第 1 の始動パルスよりも狭いパルス幅を有する第 2 の始動パルスとから構成されていることを特徴とする請求項 6 記載の振動アラーム付電子機器。

【請求項 8】 後続駆動パルスのパルス幅は、ロータの

回転数の上昇にともなって狭くすることを特徴とする請求項 3 記載の振動アラーム付電子機器。

【請求項 9】 逆起電圧検出コイルは、駆動コイルの内周側に独立して巻き回して構成したことを特徴とする請求項 1 記載の振動アラーム付電子機器。

【請求項 10】 駆動コイルは逆起電圧検出コイルを兼用することを特徴とする請求項 1 記載の振動アラーム付電子機器。

【請求項 11】 駆動コイルの一部からタップを取り出すことにより、前記駆動コイルの一部を逆起電圧検出コイルを兼用することを特徴とする請求項 10 記載の振動アラーム付電子機器。

【請求項 12】 磁極位置検出手段は、逆起電圧検出コイルに発生する逆起電圧を差動・増幅する差動増幅器と、該差動増幅器によって差動増幅した前記逆起電圧がゼロレベルに達したことを検出して検出信号を出力するゼロクロスコンパレータを有することを特徴とする請求項 9 または請求項 10 記載の振動アラーム付電子機器。

【請求項 13】 逆起電圧検出コイルは、直流抵抗と自己インダクタンスが略同一で、巻き方向を異にする 2 個の逆起電圧検出コイルとから構成され、駆動コイルに直列接続して構成したことを特徴とする請求項 1 記載の振動アラーム付電子機器。

【請求項 14】 磁極位置検出手段は、2 個の逆起電圧検出コイルにそれぞれ発生する逆起電圧を加算する加算器と、該加算器によって加算された逆起電圧がゼロレベルに達したことを検出して前記検出信号を出力するゼロクロスコンパレータとから構成されていることを特徴とする請求項 13 記載の振動アラーム付電子機器。

【請求項 15】 逆起電圧検出コイルは、駆動コイルの内周側に多層に巻き回して構成したことを特徴とする請求項 13 または請求項 14 記載の振動アラーム付電子機器。

【請求項 16】 加算器は逆起電圧に重畠するスパイクノイズをカットするためのローパスフィルタを有することを特徴とする請求項 14 記載の振動アラーム付電子機器。

【請求項 17】 駆動パルス発生手段は、前記加算器によって加算される逆起電圧に重畠するスパイクノイズに対応し、ゼロクロスコンパレータからの検出信号をデジタル的にマスクするマスク手段を有することを特徴とする請求項 14 記載の振動アラーム付電子機器。

【請求項 18】 差動増幅器は、差動・増幅した逆起電圧に重畠するスパイクノイズをカットするローパスフィルタを有することを特徴とする請求項 12 記載の振動アラーム付電子機器。

【請求項 19】 駆動パルス発生手段は、前記差動増幅器によって差動・増幅される逆起電圧に重畠するスパイクノイズに対応し、前記ゼロクロスコンパレータからの検出信号をデジタル的にマスクするマスク手段を有す

ることを特徴とする請求項12記載の振動アラーム付電子機器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、ステップモータの振動を腕に伝えることによってアラームを知らせる振動アラーム付電子機器に内蔵したステップモータに関する。

【0002】

【従来の技術】従来の振動アラーム付腕時計は、振動の発生源として超音波モータを内蔵し、前記超音波モータの偏心ロータの振動を時計ケースを介して腕に伝え振動アラームとして知らせるものであり、実開平2-6291号公報に開示されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前記超音波モータには以下で説明するように、超音波モータの原理的構造からくる問題がある。まず、耐摩耗性の問題がある。ステータは、圧電素子、該圧電素子の振動を伝達する、該圧電素子に貼り合わせられた振動体、さらに該振動体の振動の振幅を増大するために、該振動体に貼り付けられたくし歯部から構成され、前記偏心ロータはバネで該くし歯部に圧接され、前記圧電素子が振動すると回転するようになっている。該偏心ロータはバネでくし歯部に圧接されるので、偏心ロータとくし歯部の接触部の耐摩耗性の問題が生じる。また、前記圧電素子の振動の振幅は小さいので、圧電素子、振動体、くし歯部、偏心ロータの部品精度、組立精度を厳しくしなければならないという問題がある。さらに、効率が悪いので、消費電力が大きくなる。1991年日本時計学会秋季講演会での超音波モーターを用いた振動アラーム付AQ（アナログクオーツ）の開発という演題での研究発表にて、偏心ロータの6000 rpmの回転時に駆動電流は60mAになると報告されている。

【0004】本発明は、ロータの回転耐久性があり、組立が容易で、消費電力が小さく、腕を振るなどによって加速度が加わっても、安定に起動、高速回転できるステップモータを振動源とした、振動アラームの信頼性のある小型振動アラーム付電子機器（例えば腕時計）を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明は以下の構成を有している。アラーム時刻になるとモータを駆動して偏心重りを回転させ、ケース体を介して偏心重りの振動を腕に伝える振動アラーム付電子機器において、2極の扁平ステータと2極の永久磁石を有するロータと前記扁平ステータと磁気的に結合した駆動コイルとから構成されたステップモータと、アラーム信号に基づいて前記ステップモータを駆動するためのパルス信号を出力する駆動パルス発生手段と、該駆動パルス発生手段からのパルス信号に基づき、前記駆動コ

イルに駆動電流を供給するための駆動回路と、前記駆動コイルに生じた起磁力を前記ロータに伝える前記扁平ステータと、前記ロータの回転によって生じる逆起電圧を検出する逆起電圧検出コイルと、前記逆起電圧検出コイルに生じる逆起電圧に基づいて前記扁平ステータに対する回転中のロータの磁極位置を検出する磁極位置検出手段とを備えており、前記駆動パルス発生手段は、前記磁極位置検出手段からの検出信号に基づいて前記パルス信号の出力タイミングを制御することを特徴としている。

10 【0006】

【実施例】以下本発明の実施例を図面に基づいて詳述する。

【0007】本発明のステップモータ内蔵の振動アラーム付腕時計の平面図を図7に示す。701は時計ケース、704はロータ303の回転軸に取り付けた偏心重り302と駆動コイル705等で構成された振動アラーム用ステップモータ、702は前記ステップモータの駆動回路を持つ腕時計モジュール、703はステップモータ駆動用電池である。前記ステップモータ704は図3

20 (c)のステータ、ロータ平面図に示すように、扁平2極型ステータ304と2極のロータ永久磁石308を持つステップモータである。ここで、以下に説明する機能を実現できるものであれば、ステータ孔310は、図3(c)に示す、2つのスリット309を有し、該2つのスリット309を結ぶ方向（縦方向と呼ぶ）で該ステータ304を切断してできた半円を縦方向にずらせてできた構造に限定されるものではない。前記ステップモータ704は前記時計ケース701と前記腕時計モジュール702との間に未使用スペースを発生させることなく配置できる。また、さらに、前記ステップモータ704は

30 ステップモータ駆動用電池703に積み重ねずに配置できる特徴を有する。そして、図8に示す一定周期の駆動パルスで前記ステップモータ704を駆動すると、毎分あたりの回転数は1000 rpm程度なので、ステップモータの振動を腕に伝えて振動アラームとして知らせることができる。しかし更に確実に振動を腕に伝えるに必要な偏心重りに作用する遠心力0.098N程度をだすために、ロータの毎分当たりの回転数を3000 rpm以上にし、また腕を振るなどにより、前記ステップモータ704に加速度が加わった場合でも、回転を安定に保ち、振動アラームとしての信頼性を高める改良を行った。

40 【0008】まず、分離型コイルにおける、ロータの毎分当たりの回転数を3000 rpm程度以上にするための本発明のロータの高速回転駆動方法を説明する。図3(a)は、分離型コイルにおける、振動アラーム駆動用ステップモータの平面図、図3(b)は図3(a)のC-C'断面図であり、ステータ、ロータ平面図は図3(c)であり、ステップモータ301は偏心重り302が設けられたロータ303、ステータ304、駆動コイ

ル305、逆起電圧検出コイル306から構成されている。1個の逆起電圧検出コイル306は、該駆動コイル305と分離しており、図3(b)に示すように、コイル巻芯307に対し、該駆動コイル305の内周に巻回されている。

【0009】前記逆起電圧検出コイルに発生する逆起電圧について説明する。

【0010】逆起電圧検出コイルに発生する逆起電圧V\*

$$V_a = -M \cdot (di/dt) - K_a \cdot \sin(\theta + \theta_0) \cdot (d\theta/dt)$$

【0011】数3において、 $-M \cdot (di/dt)$ は該逆起電圧検出コイル306と駆動コイル305の相互インダクタンスM(相互インダクタンスMは、駆動コイル305と逆起電圧検出コイル306のそれぞれの巻数をna0、naとして、 $M = k \cdot na_0 \cdot na / R_m$ と表される。ここでkは比例定数、Rmはステップモータの磁気回路の磁気抵抗)と駆動電流i(以下、駆動パルスオフ時の電流も意味する)の時間変化の積の符号を逆にしたもので、駆動電流iが時間変化することによって発生し、 $-K_a \cdot \sin(\theta + \theta_0) \cdot (d\theta/dt)$ は

ステップモータ301との機械結合係数Ka、 $\sin(\theta + \theta_0) \cdot (d\theta/dt)$

$$V_ga = -Ga \cdot M \cdot (di/dt) - Ga \cdot Ka \cdot \sin(\theta + \theta_0) \cdot (d\theta/dt)$$

【0013】数4のVgaは後述する図1に示すステップモータのロータの高速回転駆動回路のブロック図における差動増幅器108の差動増幅出力Fで、該-Ga・Ka・ $\sin(\theta + \theta_0) \cdot (d\theta/dt)$ が零になるときを検出することによって、図3(c)に示す、ディテントトルクによって静止したロータ303のロータ永久磁石308の磁極N(S)位置からの前記ロータ303の回転角θ(-θ0, -θ0 + π)を検出できることになる。ここで、Gaは差動増幅器108のゲイン(以下、符号も含む)である。なお、数2中の-Ga・M・ $(di/dt)$ は無視できるので、検出には影響しないものである。

【0014】図1に示す分離型コイルを有するステップモータのロータの高速回転駆動回路の実施例のブロック図の構成を説明する。まず、図1の駆動コイル305は、逆起電圧検出コイル306と分離し、該駆動コイル305は駆動回路110と結線し、該逆起電圧検出コイル306は差動増幅器108と結線している。図1は振動アラーム発生パルスAを振動アラーム時刻に出力する振動アラームセット/リセット回路105、該振動アラーム発生パルスAを入力すると駆動オン/オフ信号Bを出力する駆動オン/オフ発生回路106、電池電圧検出指示信号Dを入力すると電池電圧を検出して電池電圧ランク信号Iを出力する電池電圧検出回路111、相合わせパルスCと前記電池電圧検出指示信号Dを出力する相合わせパルス発生手段112、始動パルスEと後続駆動

\* aは、逆起電圧検出コイルに流れる電流iaをゼロにできるので、逆起電圧検出コイルの直流抵抗Raによる、電圧降下Ra・iaと電流iaの時間変化による逆起電圧-La・(dia/dt)を無視すると(Laは、逆起電圧検出コイル306の自己インダクタンス)、次の数1によって求められる。

【数1】

$$V_a = -M \cdot (di/dt) - K_a \cdot \sin(\theta + \theta_0) \cdot (d\theta/dt)$$

※  $(\theta + \theta_0)$ とロータ303の回転角θの時間変化つまり角速度の積の符号を逆にしたもので、ロータ303が回転することによって発生する。θ0はロータ303の初期角度で、図3(c)に示すステータ、ロータ平面図において、ディテントトルクによって静止したロータ303のロータ永久磁石308の磁極N(S)位置から、ステータ304のスリット309からほぼ90度の位置までの角度である。

【0012】さらに、後述する差動増幅器の出力Vgaは次の数2によって求められる。

【数2】

$$V_ga = -Ga \cdot M \cdot (di/dt) - Ga \cdot Ka \cdot \sin(\theta + \theta_0) \cdot (d\theta/dt)$$

パルス発生信号Jを出力する始動パルス発生手段113、後続駆動パルスHを出力する後続駆動パルス発生手段114、前記電池電圧ランク信号Iの入力により、各々の電池電圧に対して、腕を振るなどによって発生する程度の加速度がステップモータ301に加わった場合でも、該ステップモータ301を安定に起動し、安定に高速回転させることができるように設定された、相合わせパルス幅、始動パルス幅、後続駆動パルス幅、該相合わせパルスと始動パルス間のパルス間隔に対応して、相合わせパルス幅信号K、始動パルス幅信号L、後続駆動パルス幅信号M、パルス間隔信号Nを出力するパルス幅設定手段115、始動パルス発生信号Oを出力するパルス間隔設定回路116を有する駆動パルス発生マイコン109、前記相合わせパルスC、始動パルスE、後続駆動パルスHから成る駆動パルスが入力すると駆動コイル305に駆動電流を供給する駆動回路110、ステップモータ301を駆動する駆動コイル305と分離し、ロータ303が回転することによって発生するロータ発生逆起電圧を検出するための逆起電圧検出コイル306、該逆起電圧検出コイル306に発生する逆起電圧Vaを差動増幅して差動増幅出力Fを出力する差動増幅器108、該差動増幅器108の出力である差動増幅器出力Fの入力によりゼロクロスコンパレータ出力Gを前記後続駆動パルス発生手段114へ出力するゼロクロスコンパレータ107から構成されている。

【0015】図2に示す分離型コイルを有するステップ

モータのロータを高速回転駆動するための説明図を、図1に示す分離型コイルを有するステップモータのロータの高速回転駆動回路の実施例のブロック図にそって説明する。まずセットした振動アラーム時刻になると振動アラームセット／リセット回路105から図2(a)に示す振動アラーム発生パルスAが出力され、駆動オン／オフ発生回路106は図2(b)に示す駆動オン／オフ信号Bを出力する。前記相合わせパルス発生手段112は前記ロータ303を起動するために図2(c)に示す相合わせパルスCを出力し、駆動回路110によって起動電流が駆動コイル101供給されロータ303を回転させようとするが、この時に、ロータ303のロータ永久磁石308は前記相合わせパルスCによって起動できる位置に静止しているかどうか分からぬ。つまり、該相合わせパルスCによって励磁されたステータ304に生じる磁極の極性が、該ステータ304の磁極に対向する、ロータ303の有するロータ永久磁石308の磁極の極性と同極性であれば、前記ロータ303は回転するが、異極性であれば、前記ロータ303は回転しない。しかし、前記相合わせパルスCによって、後続する駆動パルス、つまり、始動パルスEと後続駆動パルスHによって励磁されるステータ304に生じた磁極の極性は該ステータ304の磁極に対向する、ロータ303の有するロータ永久磁石308の磁極の極性と同極性になるので、前記後続する駆動パルスは、前記ロータ303を回転させることができるようになる。

【0016】前記相合わせパルス発生手段112は前記相合わせパルスCの立ち上がりからt<sub>0</sub>後に図2(d)に示す電池電圧検出指示信号Dを前記電池電圧検出回路111へ出力し、該電池電圧検出回路111は、電池電圧を検出して電池電圧ランク信号Iを前記パルス幅設定手段115へ出力し、該パルス幅設定手段115は、電池電圧に対して、腕を振るなどによって発生する程度の加速度がステップモータ301に加わった場合でも、該ステップモータ301を安定に起動し、安定に高速回転させることができるように設定された、相合わせパルス幅、始動パルス幅、後続駆動パルス幅、該相合わせパルスと該始動パルス間隔に対応して相合わせパルス幅信号K、始動パルス幅信号L、後続駆動パルス幅信号M、パルス間隔信号Nをそれぞれ相合わせパルス発生手段112、始動パルス発生手段113、後続駆動パルス発生手段114、パルス間隔設定手段116へ出力する。前記相合わせパルス発生手段112は前記相合わせパルス幅信号Kにより前記電池電圧検出回路111が検出した電池電圧に対応したパルス幅(t<sub>c</sub>)の相合わせパルスCを前記駆動回路110へ出力する。前記パルス間隔設定手段116は、前記相合わせパルスCと前記パルス間隔信号Nから形成された始動パルス発生信号Oを始動パルス発生手段113へ出力する。

【0017】前記始動パルス発生手段113は、前記始

10

20

30

40

動パルス幅信号Iにより、前記電池電圧検出回路111が検出した電池電圧に対応したパルス幅(t<sub>e</sub>)の始動パルスEと該始動パルスEの立ち下がりのt<sub>f</sub>で、パルス幅t<sub>g</sub>の、該始動パルスEによるステップモータの駆動を補助する補助始動パルス201(以下、特に断わらない限り、始動パルスEは、補助始動パルスを含む)を、前記始動パルス発生信号Oにより、前記相合わせパルスCの立ち下がりからt<sub>d</sub>後に駆動回路110へ出力する。前記逆起電圧検出コイル306に接続する前記差動増幅器108の差動増幅器出力Fを図2(f)に示す。該差動増幅器出力Fにはスパイクノイズ202(以下、特に断わらない限り、後続駆動パルスHの立ち下がりに対応するノイズを言う)が重畠している。前記差動増幅器出力Fの入力により前記ゼロクロスコンパレータ107は図2(g)に示すようにゼロクロスコンパレータ出力Gを前記後続駆動パルス発生手段114に出力する。前記ゼロクロスコンパレータ出力Gには前記スパイクノイズ202に対応するスパイクパルス204が重畠している。しかし、後続駆動パルス発生手段114は、図5に示す、前記スパイクノイズ202に対応するスパイクパルス204をディジタル的にマスクする機能を有するので、前記後続駆動パルス発生手段114は前記始動パルス発生手段113からの後続駆動パルス発生信号の入力以後に、図2(f)に示すゼロクロス203に対応する、図2(g)に示す前記ゼロクロスコンパレータ出力Gの立ち上がり、立ち下がり時刻の中で、前記スパイクパルス204の立ち上がり、立ち下がり時刻を除いた時刻に同期して図2(h)に示すように、前記電池電圧検出回路111が検出した電池電圧に対応した、前記相合わせパルス幅(t<sub>c</sub>)と始動パルス幅(t<sub>e</sub>)より狭いパルス幅(t<sub>a</sub>h)の後続駆動パルスHを出力する。前記ステップモータ301は前記後続駆動パルスHにより常時加速駆動されロータ303に作用する摩擦抵抗とつり合った回転数でロータ303を高速回転させることができる。

【0018】ここで、前記後続駆動パルス発生手段114は、前記後続駆動パルスHのパルス幅(t<sub>a</sub>h)をステップモータの回転数の上昇とともに狭くし、ステップモータの回転数に最適なパルス幅(t<sub>a</sub>h)にする。本実施例は、図4(a)に示す、差動増幅器108がローパスフィルターを有しないことによって、図4(b)に示す抵抗R1とコンデンサC1から構成されるローパスフィルター(以下、R1C1ローパスフィルターと呼ぶ)による前記差動増幅器108の出力Fの時間的おくれを生じないので、前記スパイクパルス204を除いた前記ゼロクロスコンパレータ出力Gの立ち上がり、立ち下がりに対応する回転角θは、ほぼ-θ0またはπ-θ0になる。R1C1からなるローパスフィルターがあるときにくらべ、ディテントトルクによるステップモータのロータの回転に対するブレーキ(θ=0~π/2ある

いは $\pi \sim 3\pi/2$ のときブレーキがかかる) がかかるまえに十分加速でき、ロータの回転数をあげることができる。

【0019】図5に示す、デジタル的にスパイクパルスをマスクする回路の構成図を、図6に示す、デジタル的にスパイクパルスをマスクする回路の機能フローチャートにそって説明する。相合わせパルスと始動パルスから構成される起動パルスは、ゼロクロスコンパレータ出力Gに独立してそれぞれ相合わせパルス発生手段、始動パルス発生手段から出力されるので、図6(a)には、起動パルス以後の後続駆動パルスを示す。また、スパイクパルス204は、ステップモータの回転数が大きくなると、発生しなくなることがあるので、図6(b)には、スパイクパルス204が発生しているゼロクロスコンパレータ出力Gとスパイクパルス204が発生していないゼロクロスコンパレータ出力Gを示した。図5は、ゼロクロスコンパレータ出力Gに対して、始動パルスEによって発生するゼロクロスコンパレータ出力Gの反転をマスクする(ここでは、始動パルスEは補助始動パルスを除いた始動パルスEである) ブロック1、スパイクパルス204のバックエッジ602をマスクするためのブロック2、スパイクパルス204のフロントエッジ601をマスクし、さらに、スパイクパルス204が発生していないゼロクロスコンパレータ出力Gにも対応するためのブロック3から構成されている。まずブロック1で、ゼロクロスコンパレータ出力Gは該ゼロクロスコンパレータ出力Gのパルスの立ち上がり、立ち下がりにおける、多重立ち上がり、立ち下がりを单一の立ち上がり、立ち下がりにする波形整形回路に入力し、波形整形され、始動パルスEとORをとることによって、該始動パルスEが終了する前に発生するゼロクロスコンパレータ出力Gの反転を回避する。

【0020】ブロック2では、スパイクパルス204のバックエッジ602をマスクするために、まずゼロクロスコンパレータ出力Gをディレーリ回路501に通して、\*

$$Vb = -Lb \cdot (di_s / dt) - Kb \cdot \sin(\theta + \theta_0) \cdot (d\theta / dt) - Rb \cdot i_s$$

【0023】数3において、 $-Lb \cdot (di_s / dt)$ は該逆起電圧検出コイル1103の等価自己インダクタンス $Lb$ (逆起電圧検出コイル1103の巻数を $n_b$ 、駆動コイルの逆起電圧検出コイル1103に使用しないコイル部の巻数を $n_b$ )として、等価自己インダクタ $Lb$ は $(n_b^2 + n_b \cdot n_b) / Rm$ となる。ここで $Rm$ はステップモータの磁気回路の磁気抵抗)と駆動電流 $i_s$ の時間変化の積の符号を逆にしたもので、駆動電流 $i_s$ が時間変化することによって発生し、 $-Kb \cdot \sin(\theta + \theta_0) \cdot (d\theta / dt)$ はステップモータ1101との機械結合係数 $Kb$ 、 $\sin(\theta + \theta_0)$ と

\* 該ディレーリ回路501の出力の反転、非反転の入力によるフリップフロップF3、F4の出力F3Q(d)、F4Q(e)を生成し、次にAND、A1により該F3Q(d)とF4Q(e)のAND出力、A1(f)を発生する。ここで、後続駆動パルスH(a)の立ち上がりによる、パルス発生器M2のひげパルス出力M2Q(g)により、フリップフロップF3、F4はリセットされる。ブロック3では、ゼロクロスコンパレータ出力Gの反転(c)、非反転(b)の入力によるフリップフロップF1、F2の出力F1Q(j)、F2Q(k)を生成し、該F1Q(j)とF2Q(k)のOR出力Q2

10 (1)は、後続駆動パルスHを発生するために出力される。ここで、前記スパイクパルス204をマスクするために、フロントエッジ601をマスクするための後続駆動パルスH(a)の立ち下がりによるパルス発生器、M1の出力パルスM1Q(h)と前記バックエッジ602をマスクするためのA1(f)のOR出力Q1(i)によってフリップフロップF1、F2はリセットされる。

【0021】以下、タップ付コイルを用いた実施例を説明する。図11(a)は、タップ付コイルにおける、振動アラーム駆動用ステップモータの平面図、図11

20 (b)は図11(a)のC-C'断面図であり、ステータ、ロータ平面図は図3(c)と同様であり、ステップモータ1101は偏心重り302が設けられたロータ303、ステータ304、駆動コイル1102から構成されている。図9に示すように、逆起電圧検出コイル1103は、該駆動コイル1102全体からなる、あるいは一部からタップをとり出してなるコイルである。

【0022】前記逆起電圧検出コイル1103に発生する逆起電圧について説明する。逆起電圧検出コイルに発生する逆起電圧 $Vb$ は、逆起電圧検出コイルに流れる電流を $i_b$ として、逆起電圧検出コイルの直流抵抗 $Rb$ による電圧降下 $Rb \cdot i_b$ を含めて次の数3によって求められる。

【数3】

$$Vb = -Lb \cdot (di_s / dt) - Kb \cdot \sin(\theta + \theta_0) \cdot (d\theta / dt) - Rb \cdot i_b$$

40 ロータ303の回転角 $\theta$ の時間変化つまり角速度の積の符号を逆にしたもので、ロータ303が回転することによって発生する。 $\theta_0$ はロータ303の初期角度で、図3(c)に示すステータ、ロータ平面図において、ディテントトルクによって静止したロータ303のロータ永久磁石308の磁極N(S)位置から、ステータ304のスリット309からほぼ90度の位置までの角度である。

【0024】さらに、後述する差動増幅器の出力 $Vgb$ は次の数4によって求められる。

【数4】

$$V g b = - G b \cdot L b \cdot (d i_b / dt) - G b \cdot K b \cdot \sin(\theta + \theta_0) \quad (7)$$

$$\cdot (d \theta / dt) - G b \cdot R b \cdot i_b \quad (12)$$

【0025】数4のV g bは後述する図9に示すステップモータのロータの高速回転駆動回路のブロック図における差動増幅器908の差動増幅力Fで、該-G b · K b · sin(θ + θ<sub>0</sub>) · (dθ/dt)が零になるとときを検出することによって、図3(c)に示す、ディントルクによって静止したロータ303のロータ永久磁石308の磁極N(S)位置からの前記ロータ303の回転角θ(-θ<sub>0</sub>, -θ<sub>0</sub> + π)を検出できることになる。ここで、G bは差動増幅908のゲインである。タップ付コイルにおける差動増幅器の出力V g bには、後述するキャンセル型コイルにおける加算器の出力Vにくらべ、駆動コイルの駆動電流i bの時間変化による-G b · L b · (d i<sub>b</sub> / dt) - R b · i<sub>b</sub>が入るが、無視できる程度のものである。

【0026】図9に示すタップ付コイルを有するステップモータのロータの高速回転駆動回路の実施例のブロック図の構成を説明する。図9は、図1に示すステップモータのロータの高速回転駆動回路の実施例のブロック図と、駆動コイル305、該駆動コイル305と駆動回路110の結線方法、該駆動コイル305と差動増幅器108の結線方法、さらに差動増幅器108において、異なり、図9の駆動コイル1102は、駆動回路110と結線し、該逆起電圧検出コイル1103は差動増幅器908と結線している。以下、図1と同様なので、説明を省略する。

【0027】図10に示すタップ付コイルを有するステップモータのロータを高速回転駆動するための説明図を、図9に示すタップ付コイルを有するステップモータのロータの高速回転駆動回路の実施例のブロック図にそつて説明する。図10において、(a)～(e)までは、図2(e)と同様なので説明を省略する。前記逆起電圧検出コイル1103に接続する前記差動増幅器908の差動増幅器出力Fを図10(f)に示す。該差動増幅器出力Fにはスパイクノイズ1002が重畠している。前記差動増幅器出力Fの入力により前記ゼロクロスコンパレータ107は図10(g)に示すようにゼロクロスコンパレータ出力Gを前記後続駆動パルス発生手段114に出力する。前記ゼロクロスコンパレータ出力Gには前記スパイクノイズ1002に対応するスパイクパルス1004が重畠している。しかし、後続駆動パルス発生手段114は、図5に示す前記スパイクノイズ1002に対応するスパイクパルス1004をデジタル的にマスクする機能を有するので、前記後続駆動パルス発生手段114は前記始動パルス発生手段113からの後続駆動パルス発生信号Jの入力以後に、図10(f)に示すゼロクロス1003に対応して、図10(g)に示

す前記ゼロクロスコンパレータ出力Gの立ち上がり、立ち下がり時刻の中で、前記スパイクパルス1004の立ち上がり、立ち下がり時刻を除いた時刻に同期して図10(h)に示すように、前記電池電圧検出回路111が検出した電池電圧に対応した、前記相合わせパルス幅(t<sub>c</sub>)と始動パルス幅(t<sub>e</sub>)より狭いパルス幅(t<sub>b</sub>)の後続駆動パルスHを出力する。前記ステップモータ301は前記後続駆動パルスHにより常時加速駆動されロータ303に作用する摩擦抵抗とつり合った回転数でロータ303を高速回転させることができる。ここで、前記後続駆動パルス発生手段114は、前記後続駆動パルスHのパルス幅(t<sub>b</sub>)をステップモータの回転数の上昇とともに狭くし、ステップモータの回転数に最適なパルス幅(t<sub>b</sub>)にする。本実施例は、図12(a)に示す差動増幅器908が図12(b)に示すR2C2、R3C3ローパスフィルターを有しないことによって、該ローパスフィルターによる前記差動増幅器908の出力Fの時間的おくれを生じないので、前記スパイクパルス1004を除いた前記ゼロクロスコンパレータ出力の立ち上がり、立ち下がりに対応する回転角θは、ほぼ-θ<sub>0</sub>またはπ-θ<sub>0</sub>になる。ローパスフィルターがあるときにくらべ、ディントルクによるステップモータのロータの回転に対するブレーキ(θ=0～π/2あるいはπ～3π/2のときブレーキがかかる)がかかるまえに、十分加速でき、ロータの回転数をあげることができる。

【0028】次にキャンセル型コイルを用いた実施例を説明する。図15(a)は、キャンセル型コイルにおける、振動アラーム駆動用ステップモータの平面図、図15(b)は図15(a)のC-C'断面図、図3(c)はステータ、ロータ平面図であり、ステップモータ301は偏心重り302が設けられたロータ303、ステータ304、駆動コイル1502から構成されている。該駆動コイル1502は実働駆動コイル1503と前記ロータ303の磁極位置を検出するために該実働駆動コイルに直列接続し、直流抵抗と自己インダクタンスが同一で巻方向を異にする2個のロータ発生逆起電圧検出コイルC1504、ロータ発生逆起電圧検出コイルD1505から構成されている。

【0029】前記ロータ発生逆起電圧検出コイルC、Dに発生する逆起電圧について説明する。ロータ発生逆起電圧検出コイルCに発生する逆起電圧V<sub>c</sub>は、ロータ発生逆起電圧検出コイルCの直流抵抗R<sub>c</sub>による電圧降下R<sub>c</sub> · i<sub>c</sub>を含めて、次の数5によって求められる。

【数5】

$$\mathbf{Vc} = -L_c \cdot \left( \frac{di_c}{dt} \right) - K_c \cdot \sin(\theta + \theta_0) \cdot \left( \frac{d\theta}{dt} \right) - R_c \cdot i_c$$

【0030】数5において、 $-L_c \cdot \left( \frac{di_c}{dt} \right)$  は該ロータ発生逆起電圧検出コイルC 1504の等価自己インダクタンス  $L_c$  (実働駆動コイル、ロータ発生逆起電圧検出コイルCの巻数を  $n_c$ 、 $n$  として等価自己インダクタンス  $L_c$  は  $L_c = n_c \cdot n / R_m$  ; ここで  $R_m$  はステップモータの磁気回路の磁気抵抗) と駆動電流  $i_c$  の時間変化の積の符号を逆にしたもので、駆動電流  $i_c$  が時間変化することによって発生し、 $-K_c \cdot \sin(\theta + \theta_0) \cdot \left( \frac{d\theta}{dt} \right)$  はステップモータ301との機械結合係数  $K$ 、 $\sin(\theta + \theta_0)$  とロータ303の回転角  $\theta$  の時間変化つまり角速度の積の符号を逆にしたもので、ロータ303が回転することによって\*

$$\mathbf{Vd} = -L_d \cdot \left( \frac{di_d}{dt} \right) - K_d \cdot \sin(\theta + \theta_0) \cdot \left( \frac{d\theta}{dt} \right) + R_d \cdot i_d$$

【0032】同様に数6の  $\mathbf{Vd}$  は  $-L_d \cdot \left( \frac{di_d}{dt} \right)$ 、 $-K_d \cdot \sin(\theta + \theta_0) \cdot \left( \frac{d\theta}{dt} \right)$  と  $R_d \cdot i_d$  の和になり、駆動電流  $i_c$  と  $-i_d$ 、直流抵抗  $R_c$  と  $R_d$ 、等価自己インダクタンス  $L_c$  と  $-L_d$ 、機械結合係数  $K_c$  と  $K_d$  はそれぞれ  $i_c$  ( $-i_d$ )、 $R_c$ 、 $L_c$  ( $-L_d$ )、 $K$  と等しいので、前記  $\mathbf{Va}$  と異なるところ※

$$\mathbf{V} = -2 \cdot G \cdot L \cdot \left( \frac{di}{dt} \right) - 2 \cdot G \cdot K \cdot \sin(\theta + \theta_0) \cdot \left( \frac{d\theta}{dt} \right)$$

【0034】数7の  $\mathbf{V}$  は後述する図13に示すステップモータのロータの高速回転駆動回路のブロック図における加算器1308の加算出力  $F'$  で、前記  $\mathbf{Vc}$  と  $\mathbf{Vd}$  を加算した結果、直流抵抗による電圧降下がキャンセルされて、駆動電流  $i$  の時間変化により  $-2 \cdot G \cdot L \cdot \left( \frac{di}{dt} \right)$  とロータ303が回転することによって発生する逆起電圧、 $-2 \cdot G \cdot K \cdot \sin(\theta + \theta_0) \cdot \left( \frac{d\theta}{dt} \right)$  の和になる。該  $-2 \cdot G \cdot K \cdot \sin(\theta + \theta_0) \cdot \left( \frac{d\theta}{dt} \right)$  が零になる時を検出することによって、図3(c)に示す、ディテントトルクによって静止したロータ303のロータ永久磁石305の磁極N(S)位置からの前記ロータ303の回転角  $\theta$  ( $-\theta_0$ 、 $-\theta_0 + \pi$ ) を検出できることになる。ここで、 $G$  は加算器1308のゲインである。なお、数7中の  $-2 \cdot G \cdot L \cdot \left( \frac{di}{dt} \right)$  は無視できる値なので、検出には影響しないものである。前記ロータ発生逆起電圧検出コイルC、Dは互いに駆動電流  $i$  の方向が異なるため、ロータ303の回転駆動には寄与せず、直流抵抗  $R_c$  と  $R_d$  のジュール損により電力を無効に消費するが、前記ロータ発生逆起電圧検出コイルC、Dのそれぞれの巻数は駆動コイル101の1/40程度でも前記加算器1308からの出力は後述する図13に示すゼロクロスコンパレータ107が充分ゼロクロス検出できる

\* 発生する。  $\theta_0$  はロータ303の初期角度で、図3(c)に示すステータ、ロータ平面図において、ディテントトルクによって静止したロータ303のロータ永久磁石308の磁極N(S)位置から、ステータ304のスリット309からほぼ90度の位置までの角度である。

10 【0031】また、ロータ発生逆起電圧検出コイルD 1505に発生する逆起電圧  $V_d$  は、ロータ発生逆起電圧検出コイルDの直流抵抗  $R_d$  による電圧降下  $R_d \cdot i_d$  を含めて、次の数6によって求められる。

【数6】

※は、駆動電流  $i$  の方向が異なることによって  $R \cdot i$  の符号のみが異なることである。

【0033】さらに、後述する加算器の出力  $V$  は次の数7によって求められる。

【数7】

$$\mathbf{V} = -2 \cdot G \cdot K \cdot \sin(\theta + \theta_0)$$

30 レベルになるので、前記ロータ発生逆起電圧検出用コイルC 1504、D 1505の無効消費電力は前記駆動コイル1502の消費電力に較べ無視できる。

【0035】図14に示すキャンセル型コイルを有するステップモータのロータを高速回転駆動するための実施例の説明図を、図13に示すキャンセルコイルを有するステップモータのロータの高速回転駆動回路の実施例のブロック図にそって説明する。本実施例においては、始動パルス発生手段113は、始動パルスEと補助始動パルス201から構成されるパルスを発生し、図16に示す加算器1308は、後述する図19に示すR3C3、R4C4、R5C5ローパスフィルターを有さず、

40 一方後続駆動パルス発生手段114は、図5のデジタル的にスパイクパルスをマスクする回路の構成図で詳細に説明したように、前記加算器によって加算される逆起電圧に重畠するスパイクノイズによって発生するスパイクパルスをデジタル的にマスクする機能を有し、後続駆動パルスHのパルス間隔からステップモータの回転数を算出し、ステップモータの回転数の上昇とともに後続駆動パルス幅( $t_h$ )を狭くする機能も有する。

【0036】始動パルスEの発生までは、図2と同一なので説明を省略する。前記ロータ発生逆起電圧検出用コイルC 1504、D 1505に接続する前記加算器13

08の加算器出力F'を図14(f)に示す。該加算器出力F'にはスパイクノイズ1402が重畠している。前記加算器出力F'の入力により前記ゼロクロスコンパレータ107は図14(g)に示すようなゼロクロスコンパレータ出力Gを前記後続駆動パルス発生手段114に出力する。前記ゼロクロスコンパレータ出力Gには前記スパイクノイズ1402に対応するスパイクパルス1404が重畠している。しかし、後続駆動パルス発生手段114は前記スパイクノイズ1402に対応するパルス1404をデジタル的にマスクする機能を有するので、前記後続駆動パルス発生手段114は前記始動パルス発生手段113からの後続駆動パルス発生信号Jの入力以後に、図14(f)に示すゼロクロス113に対応する、図14(g)に示す前記ゼロクロスコンパレータ出力Gの立ち上がり、立ち下がり時刻の中で、前記スパイクパルス1404の立ち上がり、立ち下がり時刻を除いた時刻に同期して図14(h)に示すように、前記電池電圧検出回路111が検出した電池電圧に対応した、前記相合わせパルス幅(tc)と始動パルス幅(te)より狭いパルス幅(th)の後続駆動パルスHを出力する。

【0037】前記ステップモータ301は前記後続駆動パルスHにより常時加速駆動されロータ303に作用する摩擦抵抗とつり合った回転数でロータ303を高速回転させることができる。ここで、前記後続駆動パルス発生手段114は、前記後続駆動パルスHのパルス幅(th)をステップモータの回転数の上昇とともに狭くし、ステップモータの回転数に最適なパルス幅(th)にする。本実施例は、加算器1308が後述する図19に示すR3C3、R4C4、R5C5ローパスフィルターを有しないことによって、該ローパスフィルターによる前記加算器1308の出力Fの時間的おくれを生じないので、前記ゼロクロスコンパレータ出力の立ち上がり、立ち下がりに対応する回転角θは、ほぼ-θ0またはπ-θ0になる。前記ローパスフィルターがあるときにくらべ、ディテントトルクによるステップモータのロータの回転に対するブレーキ( $\theta=0 \sim \pi/2$ あるいは $\pi \sim 3\pi/2$ のときブレーキがかかる)がかかるまえに、十分加速でき、ロータの回転数をあげることができる。本実施例において、ステップモータのドライバへの印加電圧が3V、後続駆動パルスのパルス幅が約3msの条件下、毎分当りのロータ303の回転数は約6000rpmとなり、駆動電流(ピーク値)は約2mAと小さいものであった。

【0038】次に、後続駆動パルス発生手段114からデジタル的にスパイクパルスをマスクする回路を取り外し、加算器1308にローパスフィルターを取りつけた実施例について説明する。また、図17に示すステップモータのロータを高速回転駆動するための実施例の説明図の図17(e)までは、図14と同一であり説明を省

略する。図18に、加算器1708の回路構成図を示す。該加算器1708は前記ロータ発生逆起電圧検出用コイルC1504、ロータ発生逆起電圧検出用コイルD1505に接続する差動増幅器1601、差動増幅器1602と該差動増幅器1601、1602のそれぞれの出力端子に接続するR4C4、R5C5ローパスフィルターと該R4C4、R5C5ローパスフィルターに接続するR3/R6あるいはR3/R7の増幅度の、R3、C3で形成するローパスフィルターを有する加算増幅器1903によって構成されている。前記加算器1708の出力も数9(ゲインGにローパスフィルターによる周波数特性がはいる)で表されるが、実際は、前記差動増幅器1601、1602の前記後続駆動パルスHの発生時間に対応した出力は、それぞれ同符号となり、前記加算増幅器1903で除去できないので、いわゆるスパイクノイズとして、加算出力F'に重なって現われる。ここでは、スパイクノイズは、後続駆動パルスHの立ち下がりに対応したノイズだけでなく、後続駆動パルスHの立ち上がりから立ち下がりにまでに対応したノイズを言う。もし該スパイクノイズによって任意の時刻に前記加算出力F'がゼロクロスすると、不必要的後続駆動パルスHが前記駆動パルス発生マイコン1709から出力され、前記ロータ303は正常に回転できなくなる。そこで、該スパイクノイズを除去するために、R4C4、R5C5ローパスフィルターとR3、C3で形成するローパスフィルターが必要となる。

【0039】R3C3ローパスフィルターのカットオフ周波数は、数8によって求められる。

【数8】

$$f_1 = 1 / (2\pi \cdot R_3 \cdot C_3)$$

【0040】R4C4ローパスフィルターのカットオフ周波数は、数9によって求められる。

【数9】

$$f_2 = 1 / (2\pi \cdot R_4 \cdot C_4)$$

【0041】R5、C5で形成するローパスフィルターのカットオフ周波数は、数10によって求められる。

【数10】

$$f_3 = 1 / (2\pi \cdot R_5 \cdot C_5)$$

前記スパイクノイズを除去するために、前記f1、f2、f3はステップモータの最大回転周波数をfrとして、frから4frの範囲に設定する必要がある。前記ローパスフィルターによって前記スパイクノイズのなかで、後続駆動パルスHの立ち上がりと立ち下がりに対応した高周波数のスパイクノイズは除去できても、カットオフ周波数f1、f2、f3より低い周波数のスパイクノイズは除去できないので、相合わせパルスC、始動パルスE、後続駆動パルスHの発生時間内に、図17(f)に示す加算器出力Fにクランプ1802が発生する。しかし、前記後続駆動パルスHの立ち下がりに対応したスパイクパルスによるゼロクロスコンパレータ10

7のゼロクロス出力はなくなり、後続駆動パルスHをロータ発生逆起電圧のゼロクロスのみで発生できるので、ステップモータの高速回転の安定性に問題は生じない。

【0042】前記ローパスフィルターによって、前記加算出力F'には時間的遅れが生じ、前記ゼロクロスコンパレータ出力Gの立ち上がり、立ち下がりに対応する回転角θは-θ。またはπ-θ。からずれる。該回転角θは、ディテントトルク、駆動コイル1502に流れる駆動電流によって発生する励磁トルクをロータ303の回転駆動に有効に利用し、ロータ303の起動特性と回転数を最適化するためには、ディテントトルクに対応する磁気平衡点と励磁トルクに対応する励磁平衡点の間にあることが望ましく、図3(c)に示すように、0から-θ。あるいはπ-θ。からπにあることが望ましい。前記回転角θの遅れがθ。より大きくなるときは、図19(f)に示すように(図19(a)から19(e)は図18と同一なので説明を省略する。)、図17に示すゼロクロスコンパレータ107のゼロクロスレベルをゼロレベルからプラス側にシフト(ゼロクロスレベル2001)、マイナス側にシフト(ゼロクロスレベル2002)させて設定することによって、ゼロクロスコンパレータ107を時間的に進み方向に動作させ、図19(g)に示すように、ゼロクロスコンパレータ出力Gの立ち上がり、立ち下がりを時間的に進ませ、図19(h)に示すように、後続駆動パルスHの発生を時間的に進ませて、前記ロータ303の回転角θの遅れを取り戻す必要がある。

【0043】次に、キャンセル型コイルを有するステップモータのロータの高速回転駆動回路の他の実施例を図20のブロック図の構成に基づいて説明する。図20において、図13と異なる構成は、図13に追加した、前記相合わせパルスCの駆動による前記ロータ303の回転、非回転を検出して、回転非回転信号をパルス間隔設定手段2116、始動パルス発生手段2113へ出力する回転非回転検出回路2117である。以下、図13と同一構成なので説明を省略する。

【0044】図21にキャンセル型コイルを有する示すステップモータのロータを高速回転駆動するための他の実施例の説明図を、図20に示すキャンセル型コイルを有するステップモータのロータの高速回転駆動回路の他の実施例のブロック図にそって説明すると、異なるのは、前記始動パルス発生手段2113は、前記始動パルス幅信号Lにより、前記電池電圧検出回路111が検出した電池電圧に対応し、さらに前記回転非回転検出回路2117の回転非回転信号Pに対応して、始動パルス(パルス幅が、ロータ303が回転した時t<sub>er</sub>、回転しない時t<sub>en</sub>)と補助始動パルス(パルス幅が、ロータ303が回転した時t<sub>gr</sub>、回転しない時t<sub>gn</sub>)を、図21(e)に示すように(以下に示す(f)、(g)、(h)についても、ロータ303が回転した時

実線、回転しない時破線で示す)前記始動パルス発生信号Oにより、前記相合わせパルスCの立ち下がりからt<sub>dr</sub>(ロータ303が回転した時)あるいはt<sub>dn</sub>(ロータ303が回転しない時)後に駆動回路110へ出力する。ステップモータのロータの高速回転駆動回路の本実施例では、図13に示すロータの高速回転駆動回路の実施例に前記回転非回転検出回路2117が追加されたことにより、前記電池電圧検出回路111によって検出された電池電圧だけでなく、前記相合わせパルスCの駆動による前記ロータ303の回転、非回転に対応して、前記始動パルス発生手段2113の出力する前記始動パルスEの出力時刻とパルス幅を設定できるが、前記回転非回転検出回路2117が前記ロータ303の回転、非回転を検出するには、前記相合わせパルスCの立ち下がりから所定の時間を要するので、該相合わせパルスCでロータ303が回転したとしても、前記後続駆動パルスHよりパルス幅の広い始動パルスEは必要となる。

【0045】前記ロータ発生逆起電圧検出コイルC、Dに接続する前記加算器108の加算出力F'を図21(f)に示す。前記加算出力F'の入力により前記ゼロクロスコンパレータ107は図21(g)に示すようにゼロクロスコンパレータ出力Gを前記後続駆動パルス発生手段114に出力する。前記後続駆動パルス発生手段114は前記始動パルス発生手段2113からの後続駆動パルス発生信号Jの入力以後に、図21(f)に示すゼロクロス2203に対応する前記ゼロクロスコンパレータ出力Gの立ち上がり、立ち下がり時刻に同期し、図21(h)に示すように、前記後続パルス幅信号Mにより前記電池電圧検出回路111が検出した電池電圧に対応して、前記相合わせパルス幅(t<sub>c</sub>)と始動パルス幅(t<sub>er</sub>、t<sub>en</sub>)より狭いパルス幅(t<sub>h</sub>)の後続駆動パルスを出力する。前記ステップモータ301は前記後続駆動パルスHにより常時加速駆動されロータ303に作用する摩擦抵抗とつり合った回転数でロータ303を高速回転させることができる。

【0046】次に図22に示すキャンセル型コイルにおける駆動コイルの巻回方法について説明する。実働駆動コイル1503、ロータ発生逆起電圧検出コイルC1504、D1505から構成される駆動コイル1502を、図22に示すワイヤ2306を①によって、ワイヤガイド2307から引きだし、該ワイヤ2306をコイル巻枠2305に引っかけ、まず、コイル巻芯307にロータ発生逆起電圧検出コイルD1505を巻回し、次に、②によってワイヤ2306をワイヤ引っかけピン2308に引っかけ、③によってワイヤ2306をコイル巻枠2305に引っかけ、コイル巻芯307にロータ発生逆起電圧検出コイルC1504をロータ発生逆起電圧検出コイルD1505と逆に巻回し、④によってワイヤ2306をワイヤ引っかけピン2308に引っかけ、⑤によってワイヤ2306をコイル巻枠2305に引っか

け、コイル巻芯307に実働駆動コイル1503をロータ発生逆起電圧検出コイルD1505と逆に巻回し、⑥によってワイヤ2306をワイヤガイド2307に引っかける。ロータ発生逆起電圧検出コイルC1505の2個のコイル端子をそれぞれコイル端子1、2301、コイル端子4、2304に、ロータ発生逆起電圧検出コイルC1504の2個のコイル端子をそれぞれコイル端子2、2302、コイル端子4、2304に、該実働駆動コイル1503の2個のコイル端子をそれぞれコイル端子2、2302、コイル端子3、2303に圧接し、駆動コイル1502に不要なワイヤ2306をカットし、該駆動コイル1502のコイル巻芯307への自動巻きが完成する。

【0047】次に図23に示す振動アラームの振動変調の実施例を説明する。図1、図9、図13、図17、図20における駆動オン／オフ発生回路106は、振動アラームセット／リセット回路105からの図23(a)に示す振動アラーム発生パルスAの入力によって、ステップモータの駆動オンに対応する駆動オン時間 $t_{on}$ と駆動オフに対応する駆動オフ時間 $t_{off}$ のパルスの列からなる駆動オン／オフ信号Bを出力する。該駆動オン／オフ信号Bによって、ステップモータは、駆動オン時間 $t_{on}$ 内に回転駆動され、駆動オフ時間 $t_{off}$ に停止する。これによって、振動アラームの振動が変調されることになり、変調のない、一定の振動にくらべ、時計ケースを介してステップモータの偏心重りの振動を、腕の触覚器官に、より強く伝えることができる。

【0048】次に図24に示す振動アラームの振動変調の第2の実施例を説明する。図1、図9、図13、図17、図20における駆動オン／オフ発生回路106は、振動アラームセット／リセット回路105からの図24\*

$$J \cdot (d^2 \theta / dt^2) + r \cdot (d\theta / dt) \\ = K \cdot i \cdot \sin(\theta + \theta_0) - T_s \cdot \sin 2\theta - T_L \\ - Mg \cdot \cos \theta$$

【0051】次に、駆動電流iは、数12によって求められる。

$$L \cdot (di / dt) + K \cdot \sin(\theta + \theta_0) \cdot (d\theta / dt) \\ + R \cdot i = (u(t) - u(t - \tau)) \cdot V - R_o(i, V) \cdot i$$

ここで、Jはロータの慣性モーメント、rはロータの流体抵抗係数、Kは電気機械結合係数、 $\theta_0$ はロータの初期角度、 $T_s$ はディテントトルクの最大値、 $T_L$ は負荷トルク、Mgは偏心重りの最大重力モーメント、Lは駆動コイルの自己インダクタンス、Rは駆動コイルの直流抵抗、u(t)は時刻tの単位関数、 $\tau$ は駆動パルス幅、Vはモータドライバへの印加電圧、 $R_o(i, V)$ はモータドライバのON抵抗である。

【0052】ロータの初期角度は、 $\theta_0$  ( $\pi/4 = 0$ ) 50

\* (a) に示す振動アラーム発生パルスAの入力によって、ステップモータの駆動オンに対応する駆動オン時間 $t_{on}$ のパルスからなる駆動オン／オフ信号Bを出力する。図24(c)に示すように、後続駆動パルス発生手段は、 $t_{on}$ の時間の間、一定パルス幅( $t_h$ )の後続駆動パルスを発生し、その後、徐々に後続駆動パルス幅を小さくしていく、後続駆動パルス間隔を測定し、後続駆動パルス間隔が $t_s$ になったならば、徐々に後続駆動パルス幅を大きくしていく。そして、後続駆動パルス間隔が $t_f$ になってから、 $t_{on}$ の時間の間、一定のパルス幅( $t_h$ )を発生する。以後、前記を繰り返す。これによって、ステップモータのロータの回転数は大きくなったり、小さくなったりするので、振動アラームの振動が変調されることになり、変調のない、一定の振動にくらべ、時計ケースを介してステップモータの偏心重りの振動を、腕の触覚器官に、より強く伝えることができる。

【0049】次に、ロータの毎分当たりの回転数の理論的にシミュレーションした計算結果を説明する。ロータの駆動方法は、回転するロータが発生する磁束によって、駆動コイルに誘起される逆起電圧(以下、ロータ発生逆起電圧と呼ぶ)からロータの位置を検出して、ロータの位置を検出した時刻と同期して、駆動コイルに駆動電流を流し、ロータを加速駆動する最適駆動方法である。

【0050】まず、ロータの回転角 $\theta$ は、数11によって求められる。ここで、ロータの回転角 $\theta$ は、図3(c)のステータ、ロータ平面図に示すように、図3(c)の磁気平衡点を $\theta = 0$ として、右回りがプラスとなる角度である。

【数11】  

$$J \cdot (d^2 \theta / dt^2) + r \cdot (d\theta / dt)$$

※【数12】

$$L \cdot (di / dt) + K \cdot \sin(\theta + \theta_0) \cdot (d\theta / dt)$$

$$+ R \cdot i = (u(t) - u(t - \tau)) \cdot V - R_o(i, V) \cdot i$$

785 rad)として、ロータ発生逆起電圧、 $-K \cdot \sin(\theta + \theta_0) \cdot (d\theta / dt)$ がゼロとなるロータの回転角 $\theta$  ( $-\theta_0$ 、 $-\theta_0 + \pi$ )あるいは時刻に後続駆動パルス(パルス幅 $\tau$ )で、ロータを加速駆動したシミュレーションの計算結果(毎分当たりのロータの回転数の時間変化)を図25に示す。ちなみに、各パラメータ値については、図25に示すように印加電圧は3.0(V)、モータドライバのON抵抗を含んだ駆動コイル直流抵抗( $R + R_o$ )は200(Ω)、自己インダクタ

ンスLは200mH、慣性モーメントJは $2.8 \times 10^{-9}$  (kg m<sup>2</sup>)、流体抵抗係数rは $16.0 \times 10^{-11}$  (Nm s / rad)、電気機械結合係数Kは $5.3 \times 10^{-3}$  (Nm/A)、ディテントトルクT<sub>s</sub>は $5.3 \times 10^{-5}$  (Nm)、負荷トルクT<sub>L</sub>は0.0 (Nm)、偏心重りの重力によるモーメントM<sub>G</sub>は $6.0 \times 10^{-6}$  (Nm)である。ロータの初期停止角度位置θ、-sin<sup>-1</sup>(M<sub>G</sub>/2T<sub>s</sub>)は約-0.06 rad、ロータの初期角速度(dθ/dt)は、0 rad: 初期駆動電流iは0 mAとして、始動パルス幅が20ms、パルス幅τ4 msの後続駆動パルスが114個の場合の毎分当たりのロータの回転数の時間変化において、最大回転数は7000 rpm、後続駆動パルス終了(約0.55s)後のロータの停止時間は約0.15sとなった。また、駆動電流は、起動時、15mAで、約0.5s後の定高速回転時で、約3mAであった。ロータの回転数の本シミュレーション計算によって、ロータの回転数は、ロータ発生逆起電圧からロータの位置を検出して、ロータの位置を検出した時刻と同期して、駆動コイルに駆動電流を流し、ロータを加速駆動する方法によって、3000 rpm以上になることがわかった。また、定高速回転時の駆動電流(ピーク値)は、約3mAと小さくできることがわかった。

【0053】次に本発明で使用できるステータについて説明する。上記の実施例においては図26(a)に示すスリット261と段差262を有する扁平2極ステータを用いて説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、図26(b)に示す様な段差無しで、ノッチ263を備えた扁平2極ステータ、図26(c)に示す様なスリットのみを有し、段差はない扁平2極ステータ、図26(d)に示す様なスリットも段差もない扁平2極ステータを用いても実現できる。図26(d)の扁平2極ステータの場合は、パルス幅の異なる始動パルスを複数用意して、最適始動パルスを選択出力することにより駆動できる。

#### 【0054】

【発明の効果】以上の詳細な説明によって示されたように、本発明は、低消費電力で耐久性があり、組立の容易な、安定に起動、高速回転するステップモータを搭載した、信頼性のある小型振動アラーム付電子機器を提供できる効果がある。特に逆起電圧検出コイルに生じる逆起電圧に基づいて、扁平ステータに対する回転中のロータの磁極位置を検出する磁極位置検出手段とを備えており、駆動パルス発生手段は、磁極位置検出手段からの検出信号に基づいて前記パルス信号の出力タイミングを制御するので、振動アラームに必要な高速回転するステップモータを実現できるものである。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】分離型コイルを有するステップモータのロータの高速回転駆動回路の実施例のブロック図である。

【図2】分離型コイルを有するステップモータのロータを高速回転駆動するための説明図である。

【図3】分離型コイルを有する振動アラーム駆動用ステップモータの平面図である。

【図4】分離型コイルを有するステップモータの高速回転駆動回路の差動増幅器の回路構成図である。

【図5】デジタル的にスパイクパルスをマスクする回路の構成図である。

【図6】デジタル的にスパイクパルスをマスクする回路のタイムチャートである。

【図7】本発明のステップモータ内蔵の振動アラーム付腕時計の平面図である。

【図8】本発明のステップモータの駆動パルスの時間変化である。

【図9】タップ付きコイルを有するステップモータのロータの高速回転駆動回路の実施例のブロック図である。

【図10】タップ付きコイルを有するステップモータのロータを高速回転駆動するための説明図である。

【図11】タップ付きコイルを有する振動アラーム駆動用ステップモータの平面図である。

【図12】タップ付きコイルを有するステップモータの高速回転駆動回路の差動増幅器の回路構成図である。

【図13】キャンセルコイルを有するステップモータのロータの高速回転駆動回路の実施例のブロック図である。

【図14】キャンセルコイルを有するステップモータのロータを高速回転駆動するためのさらに他の実施例の説明図である。

【図15】キャンセルコイルを有する振動アラーム駆動用ステップモータの平面図である。

【図16】ローパスフィルターを有しない加算器の回路構成図である。

【図17】キャンセルコイルを有するステップモータのロータを高速回転駆動するための説明図である。

【図18】ローパスフィルターを有する加算器の回路構成図である。

【図19】加算器出力の時間的遅れを取り戻すための説明図である。

【図20】キャンセルコイルを有するステップモータのロータの高速回転駆動回路の他の実施例のブロック図である。

【図21】キャンセルコイルを有するステップモータのロータを高速回転駆動するための他の実施例の説明図である。

【図22】キャンセルコイルを有する駆動コイルの巻回方法の説明図である。

【図23】振動アラームの振動変調の実施例である。

【図24】振動アラームの振動変調の第2の実施例である。

【図25】ステップモータの回転数の時間変化のシミュ

レーション計算結果である。

【図26】本発明で使用できる扁平2極ステータを示す平面図である。

【符号の簡単な説明】

- A 振動アラーム発生パルス
- B 駆動オン/オフ信号
- C 相合わせパルス
- D 電池電圧検出指示信号
- E 始動パルス
- F 差動増幅出力
- F' 加算出力

\* G ゼロクロスコンパレータ出力

H 後続駆動パルス

301 704 1101 1501 ステップモータ

302 偏心重り

303 ロータ

305 705 1102 1502 駆動コイル

1503 実働駆動コイル

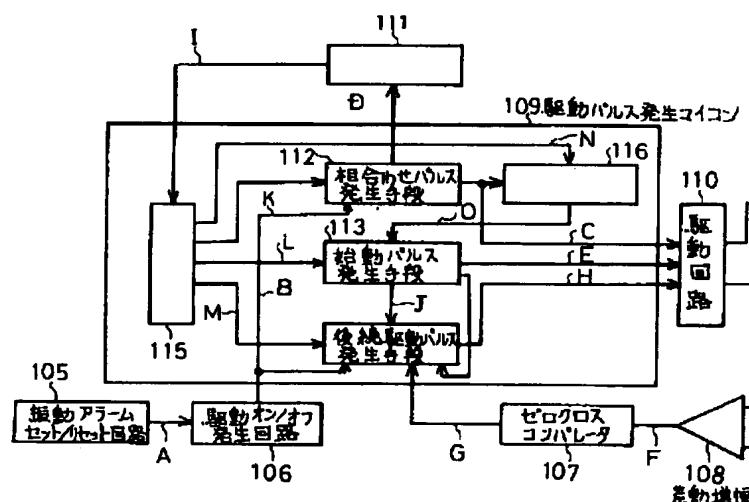
306 1103 逆起電圧検出コイル

1504 ロータ発生逆起電圧検出コイルC

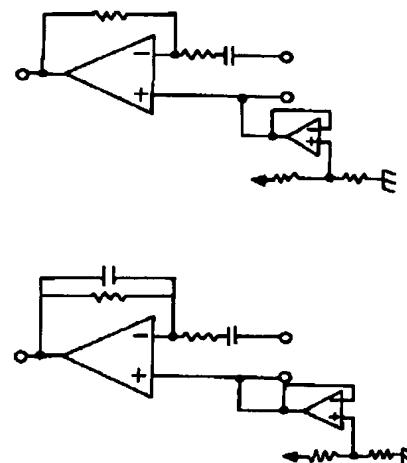
10 1505 ロータ発生逆起電圧検出コイルD

\*

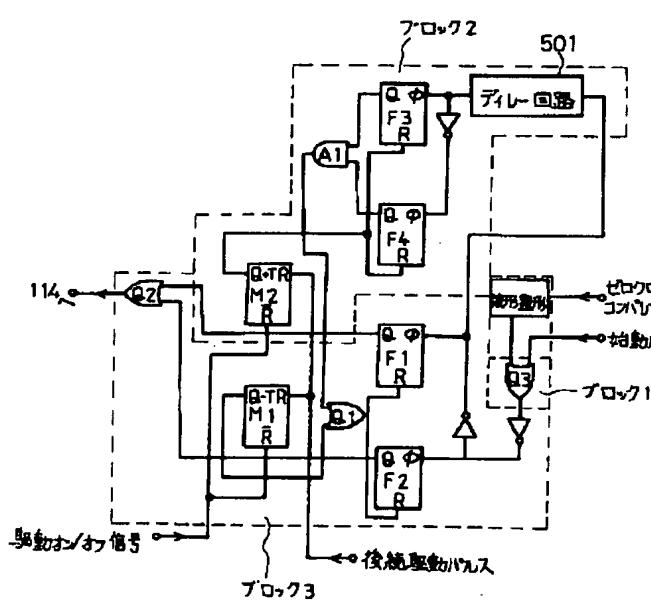
【図1】



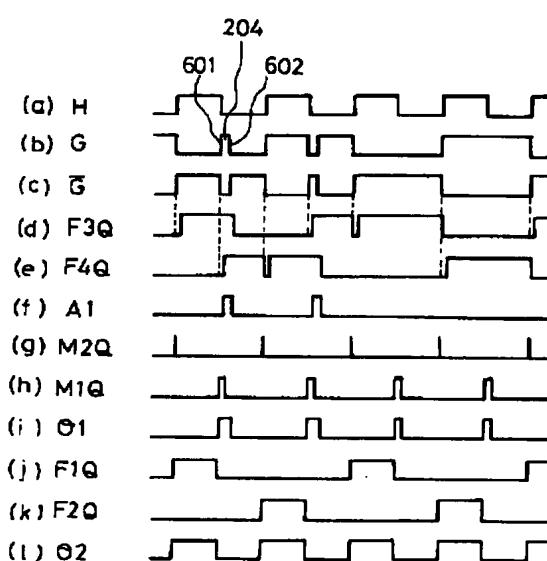
【図4】



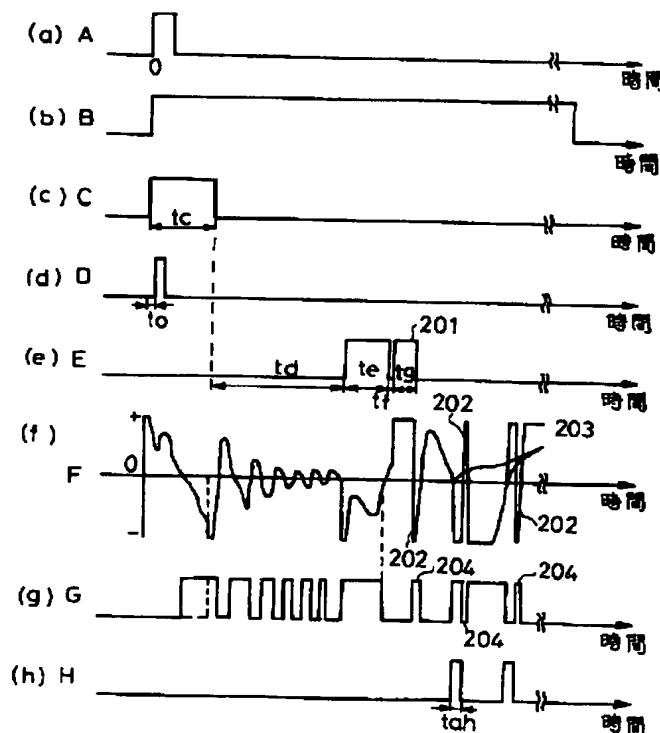
【図5】



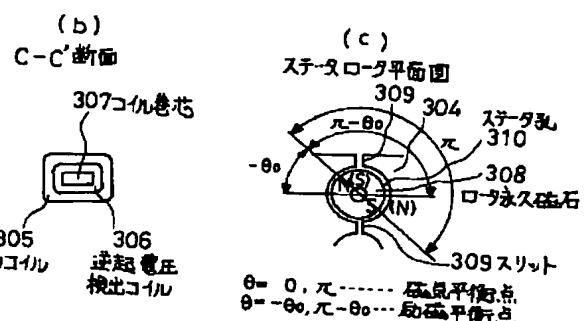
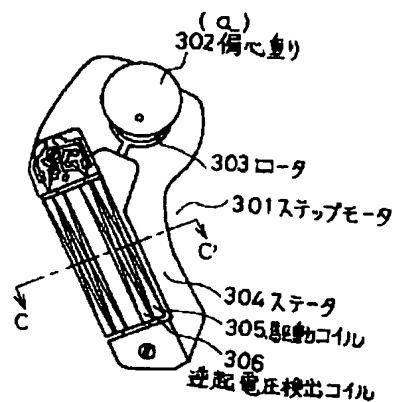
【図6】



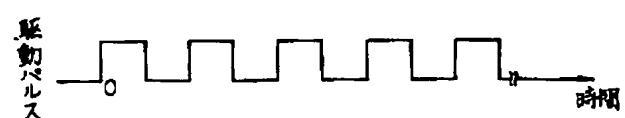
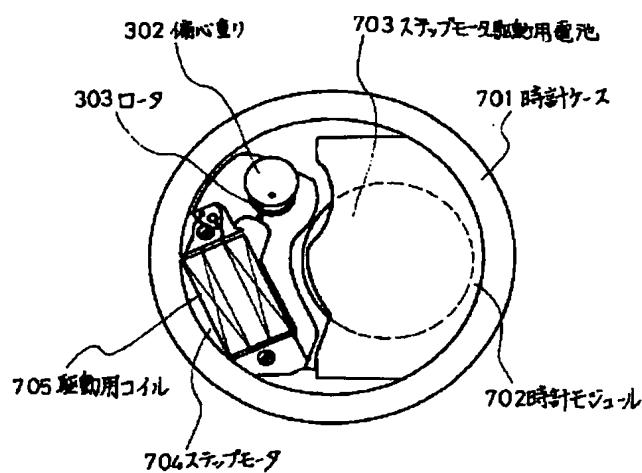
【図2】



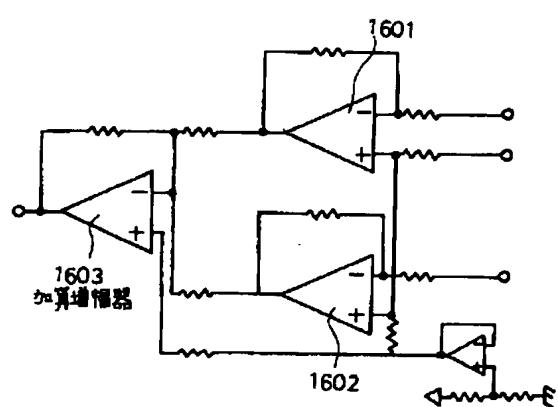
【図3】



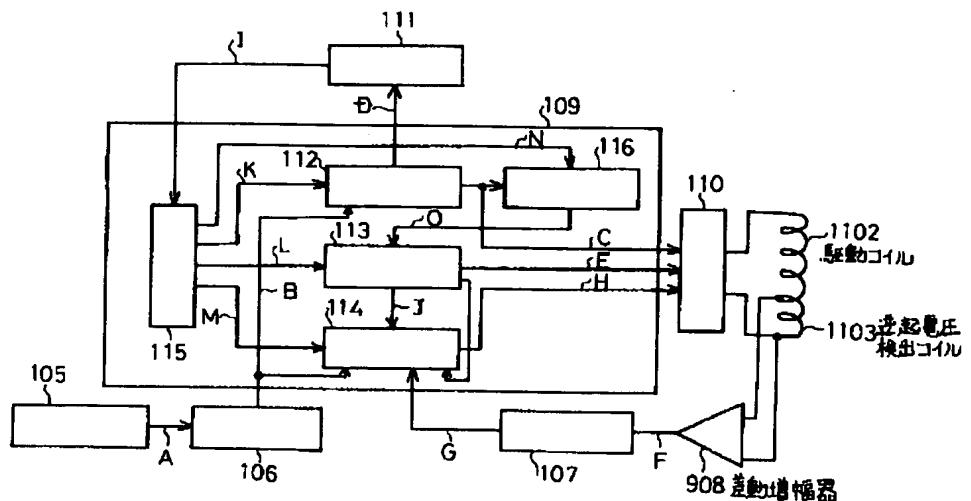
【図7】



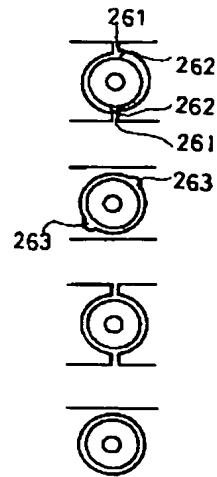
【図16】



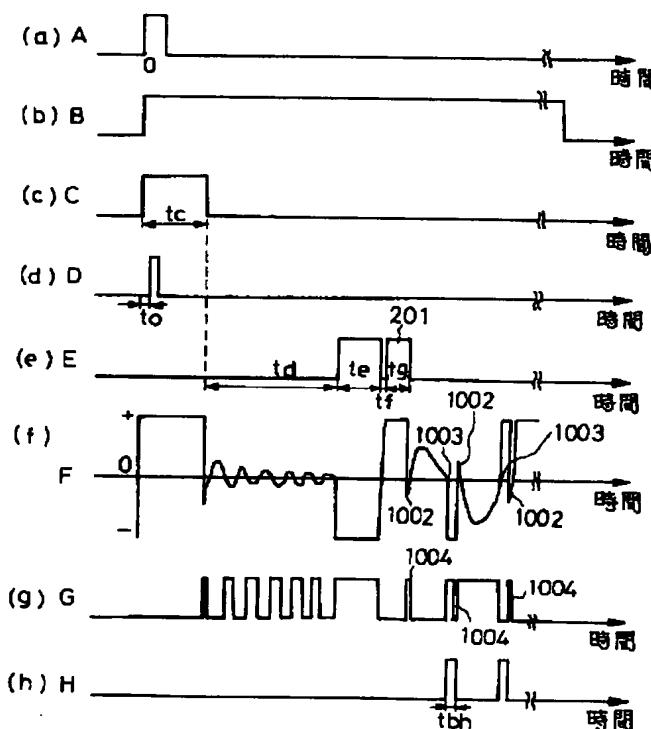
【図9】



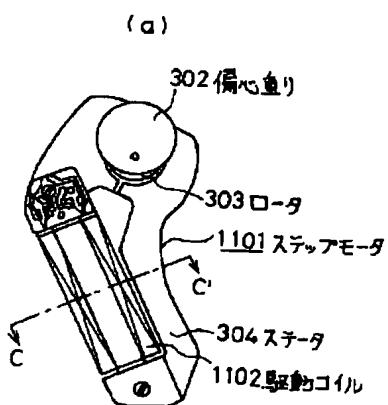
[図26]



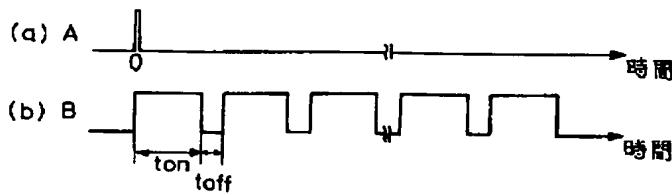
【図10】



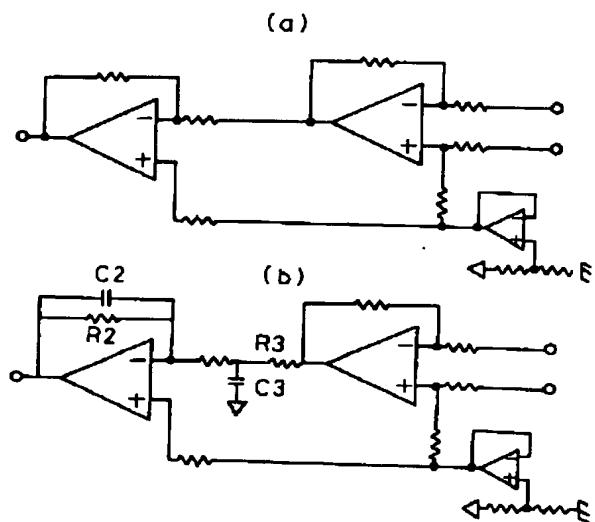
【図11】



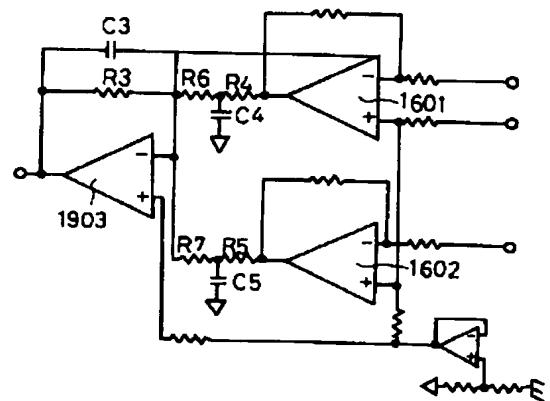
【図23】



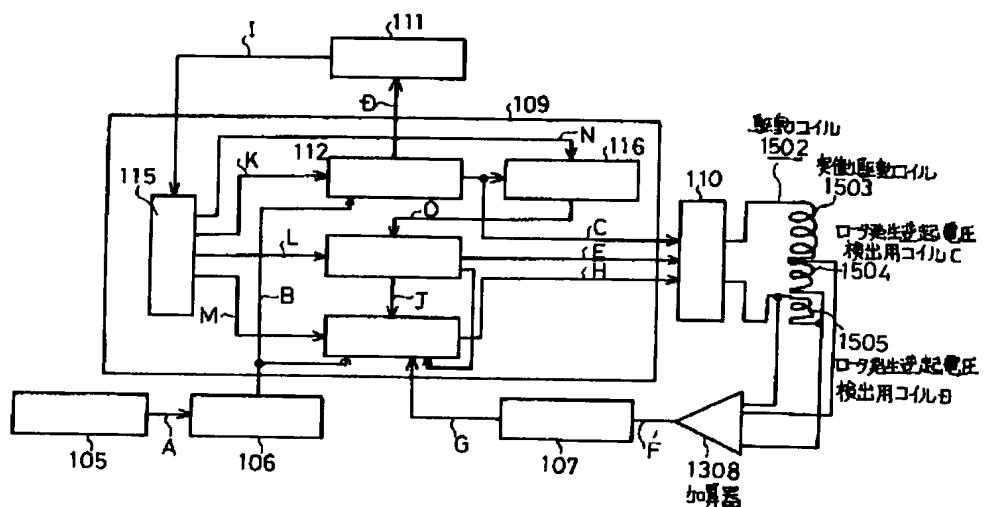
【図12】



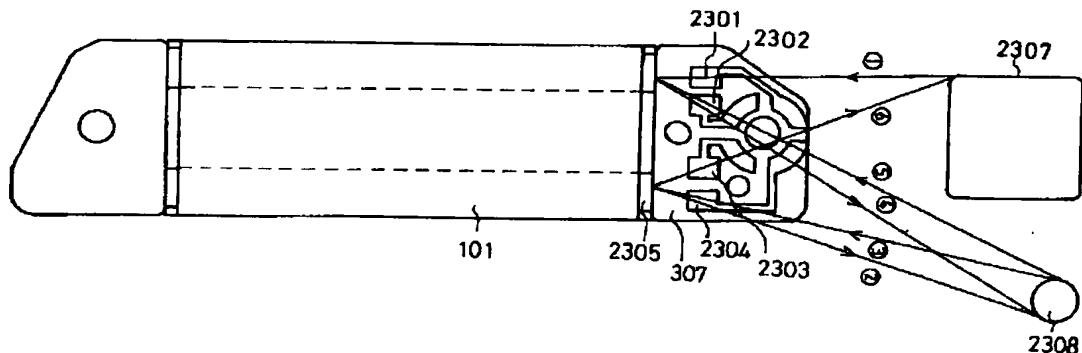
【図18】



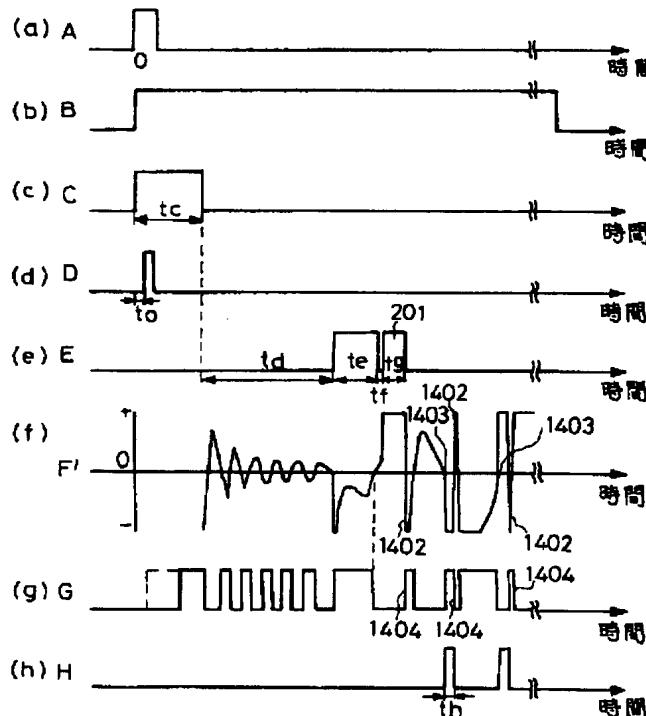
【図13】



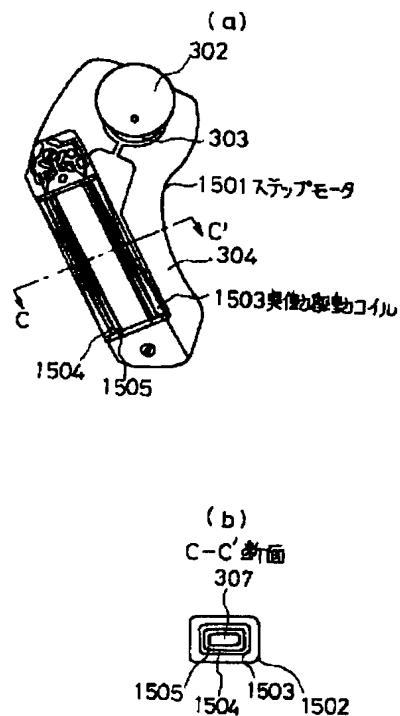
【図22】



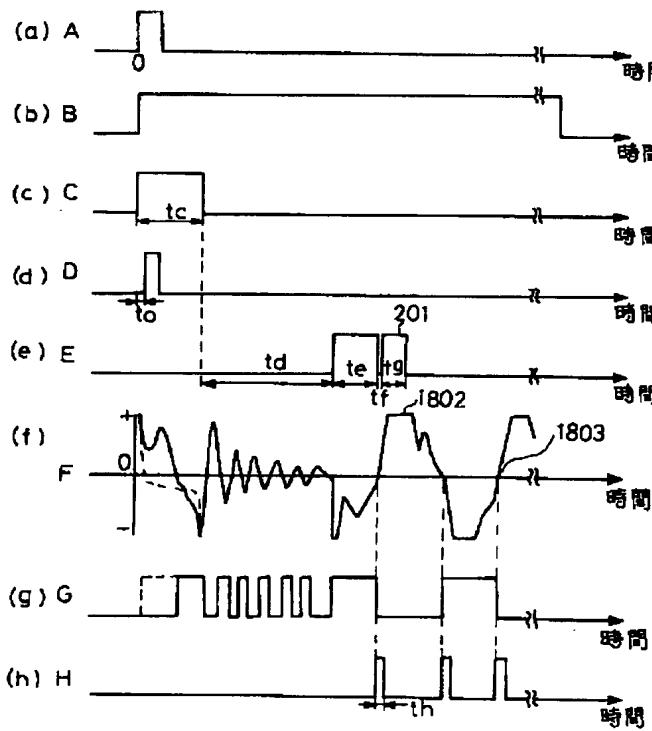
【図14】



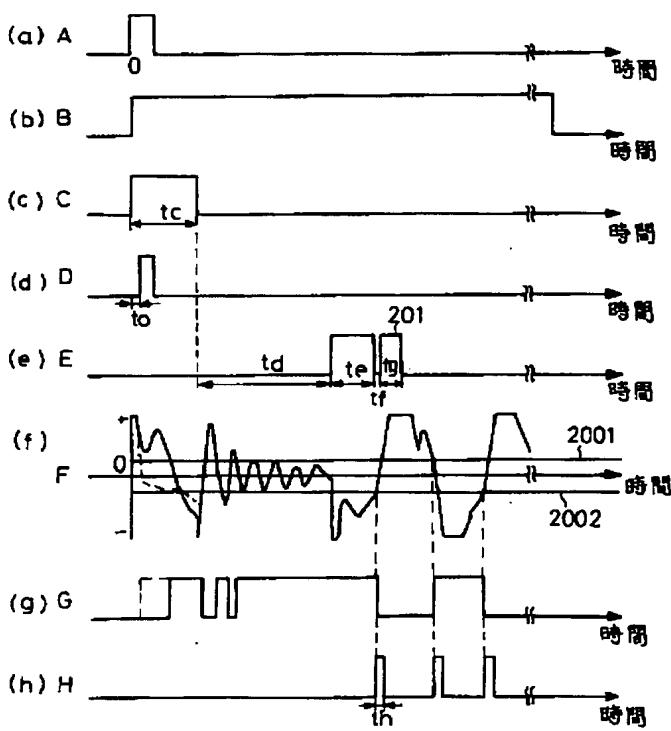
〔図15〕



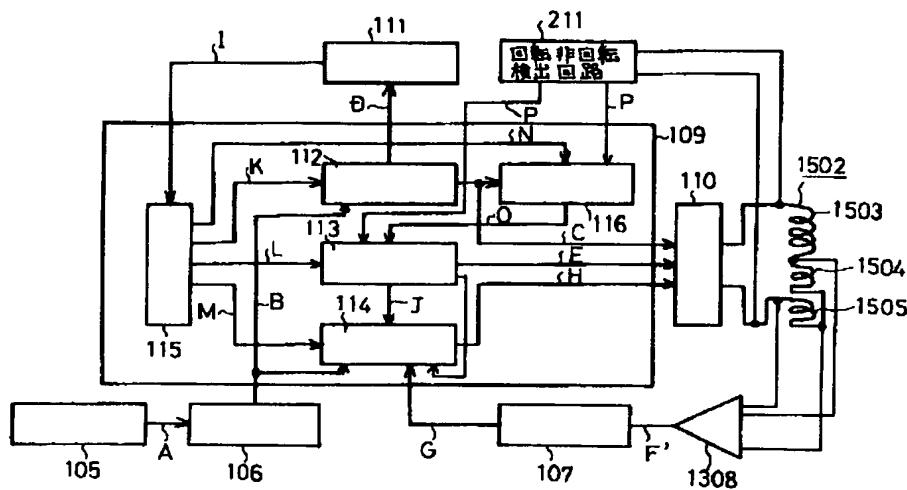
### 【図 17】



[図19]



【図 20】



【図24】

